

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-292330

(43)Date of publication of application : 20.10.2000

(51)Int.Cl.

G01N 3/30

E01C 23/01

G01B 21/00

(21)Application number : 11-099612

(71)Applicant : SHIYUTO KOSOKU DORO GIJUTSU  
CENTER  
KOMATSU ENGINEERING KK

(22)Date of filing : 07.04.1999

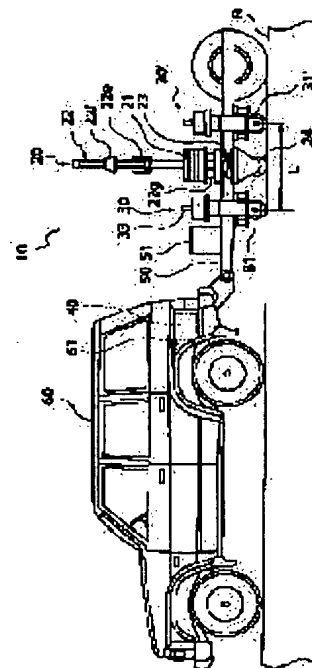
(72)Inventor : TAKADA KYOICHI  
TAMURA NAOMI  
HATAMI NAOHIKO  
HARA KOJI

## (54) MOBILE ROAD SURFACE BEND MEASURING DEVICE AND MOBILE ROAD SURFACE BEND MEASURING METHOD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To measure bend of road surface while traveling on the road surface.

**SOLUTION:** This device 10 is provided with an impulsive load application mean 20, a bend measuring sensors 30, 30', and a signal processing mean 40. The bend measuring sensors 30, 30' and individual means 20, 40 are loaded on vehicles 50, 60 that can travel on road. The multiple bend measuring sensors 30, 30' are placed on a straight line along a traveling direction of the vehicles 50, 60. The signal processing mean 40 processes signals from individual measuring sensors 30, 30' to separate and to extract a bend caused only by the impulsive load by removing recesses and protrusions specific to road surface.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] An impact load grant means 20 to give an impact load to a road surface R, and the deflection measurement sensor 30 and 30' which detect the deflection of the road surface R by this impact load, A signal-processing means 40 to process it in response to the signal from this deflection measurement sensor, While being the road surface deflection measuring device to provide and carrying on the street in the; above-mentioned impact load grant means 20, the deflection measurement sensor 30, 30', and the signal-processing means 40 on the movable car 50 and 60 Each means is constituted so that it can operate during migration. The above-mentioned deflection measurement sensor 30 and 30' The portable type road surface deflection measuring device characterized by carrying out two or more arrangement on the straight line which meets in the migration direction of the above-mentioned car 50, for the above-mentioned signal-processing means 40 processing the signal from each deflection measurement sensor 30, removing the irregularity of a road surface R proper, and carrying out the separation extract only of the deflection by the impact load.

[Claim 2] Only the following T shifts serially two or more above-mentioned deflection measurement sensors 30 and the signal from 30', and it is  $T=S/V$  (S is the distance between two or more deflection measurement sensors, and V is the rate of a car).

Next, these two or more deflection measurement sensors 30, the portable type road surface deflection measuring device according to claim 1 characterized by carrying out the separation extract of the deflection by the above-mentioned impact load by taking the difference of the signal of 30'.

[Claim 3] The portable type road surface deflection measuring device according to claim 1 or 2 with which the above-mentioned impact load grant means 20 is characterized by having the device 22 in which a weight is dropped, the load cell 23 which measures the impact load by this weight fall, and the loading ring 24 which tells this impact load to a road surface.

[Claim 4] The measurement ring 31 and 31' which were attached in the body of the above-mentioned car 50 with which the above-mentioned deflection measurement sensor 30 rolls the above-mentioned road surface top, The linear gage sensor 33 which detects relative displacement with the sensor base 32 attached in the body of this car 50, this base attached on this sensor base, and the above-mentioned measurement ring, They are claims 1 and 2 characterized by the above-mentioned sensor base 32 serving as a fix point substantially while the preparation and the above-mentioned impact load joined the road surface and the deflection of a road surface has arisen, or the portable type road surface deflection measuring device of three given in any 1 term.

[Claim 5] The portable type road surface deflection measuring device according to claim 4 with which the above-mentioned sensor base 32 is characterized by supporting the natural frequency by the spring mass system 5Hz or less.

[Claim 6] Give an impact load to a road surface R, and bend and the deflection of the road surface R by this impact load is detected by the measurement sensor 30 and 30'. By processing it in response to this deflection measurement sensor 30 and the signal from 30' It carries on the street for a means 40 to process the deflection measurement sensor 30 and 30' which detect a

means 20 to be the approach of measuring a road surface deflection, and to give the; above-mentioned impact load, and the above-mentioned deflection, and the above-mentioned signal, on the movable car 50 and 60. The portable type road surface deflection measuring method characterized by arranging two or more above-mentioned deflection measurement sensors 30 and 30' on the straight line which meets in the migration direction of the above-mentioned car, processing each deflection measurement sensor 30 and the signal from 30', removing the irregularity of a road surface proper, and carrying out the separation extract only of the deflection by the impact load.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the road surface deflection measuring device and measuring method for performing evaluation of whenever [, such as a pavement road surface of a road, and concrete-slab structure of a bridge / healthy ], or endurance. It is related with the portable type road surface deflection measuring device and measuring method which can be bent and measured, moving especially in a road surface top.

[0002]

[Description of the Prior Art] A crack progresses and the pavement road surface of asphalt or concrete, or the structure of pavement and concrete-slab structure of a bridge deteriorates gradually (reference, such as the 21st Nippon Road meeting collected works p.910 and 911). In order to investigate the advance situation of degradation by such crack and to evaluate the soundness of structure, measuring the deflection of the road surface when giving an impact load to a road surface is performed.

[0003] The following is known by the road surface deflection measurement test method (equipment).

\*\* The Benkelman beam method (ASPHALT Vol.29, No.147, p.4-)

\*\* Deflected graphic method (ASPHALT Vol.29, No.147, p.4-)

\*\* The load RETA method (ASPHALT Vol.29, No.147, p.4-)

\*\* The DINA FUREKUTO method (ASPHALT Vol.29, No.147, p.4-)

\*\* The San Per method (ASPHALT Vol.29, No.147, p.4-)

\*\* The FORINGU weight deflected meter method (FWD law, ASPHALT Vol.35, No.175, p.2-)

\*\* Ministry of Construction Public Works Research Institute type (JP,50-34937,B)

[0004] having spread among these most generally -- Above FWD (Falling Weight Deflectometer) -- it is law. Radical Motohara \*\* of FWD is shown in drawing 11 . By this approach, a loading plate 1 is grounded on a road surface, a weight 2 is dropped on a loading plate 1 from a certain height, and an impact load is generated. Fmax of the maximum of the force generated at this time It is expressed with a degree type.

$F_{max} = (2 \text{ and } M - g - H - R) / 2M$ : Mass of a weight (kg)

R: The load rate of the spring 5 on a loading plate (N/m)

H: Fall height (m)

g: Gravitational acceleration (m/s<sup>2</sup>)

[0005] In response to the impact load given to this road surface, a road surface bends momentarily. A deflection is measured by two or more deflection measurement sensors 4 at the same time it measures this impact load by the load cell 3. There are some which are using the linear gage sensor as this deflection measurement sensor 4. That is, if the gauge head at the tip of a spindle of this linear gage sensor is contacted on a direct road surface and a road surface bends according to an impact load, a spindle will also move up and down and the quantized pulse according to that amount that moved will be outputted. It bends by counting this amount of pulses, and an amount can be detected.

[0006] Parts other than the spindle of a linear gage sensor need to be fix points, while the

impact load was added in the case of this method and the road surface has produced the deflection. Then, a linear gage sensor is fixing by the supporting beam which the flat spring's attached, and the body of a linear gage sensor is supported by the spring mass system with a low natural frequency. For this reason, the moment an impact load is added and a road surface bends, the body of a linear gage sensor does not move (a fix point comes), but a spindle chisel is changed, and the amount of displacement is caught.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] When using the above-mentioned conventional FWD type road surface deflection measuring device, a measurement point is made to once suspend equipment at the time of measurement, and it prepares grounding a loading plate 1 and the deflection measurement sensor 4 on a road surface etc. Then, a weight 2 is dropped to a loading plate 1, an impact load is generated, and the signal from the load cell 3 and the deflection measurement sensor 4 at that time is caught and processed. And after measurement is completed, the deflection measurement sensor 4 and a loading plate 1 are separated from on a road surface, and after moving to the next measurement point, it prepares grounding again etc.

[0008] Thus, at the time of measurement, equipment had to be stopped, and preparations, such as touch-down of a loading plate 1 or the deflection measurement sensor 4 and receipt, had to be made, and it has taken time and effort and time amount. Moreover, when measuring by the usual path on the street, at the time of measurement, it also became the hindrance of traffic and the insurance top also had a problem. In addition, there was no practical thing which can be bent and measured, having halted at the time of deflection measurement and also moving above-mentioned all directions methods other than FWD.

[0009] This invention was made in view of such a trouble, and the purpose is offering the road surface deflection measuring device and measuring method which can measure the deflection of a road surface, moving in a road surface top.

[0010]

[Means for Solving the Problem and its Function and Effect] In order to solve the above-mentioned technical problem, the portable type road surface deflection measuring device of this invention An impact load grant means 20 to give an impact load to a road surface R, and the deflection measurement sensor 30 and 30' which detect the deflection of the road surface R by this impact load, A signal-processing means 40 to process it in response to the signal from this deflection measurement sensor, While being the road surface deflection measuring device to provide and carrying on the street in the; above-mentioned impact load grant means 20, the deflection measurement sensor 30, 30', and the signal-processing means 40 on the movable car 50 and 60 Each means is constituted so that it can operate during migration. The above-mentioned deflection measurement sensor 30 and 30' Two or more arrangement is carried out on the straight line which meets in the migration direction of the above-mentioned car 50, and the above-mentioned signal-processing means 40 is characterized by processing each deflection measurement sensor 30 and the signal from 30', removing the irregularity of a road surface R proper, and carrying out the separation extract only of the deflection by the impact load.

[0011] Moreover, the portable type road surface deflection measuring method of this invention Give an impact load to a road surface R, and bend and the deflection of the road surface R by this impact load is detected by the measurement sensor 30 and 30'. By processing it in response to the signal from this deflection measurement sensor 30 It carries on the street for a means 40 to process the deflection measurement sensor 30 and 30' which detect a means 20 to be the approach of measuring a road surface deflection, and to give the; above-mentioned impact load, and the above-mentioned deflection, and the above-mentioned signal, on the movable car 50 and 60. It is characterized by arranging two or more above-mentioned deflection measurement sensors 30 and 30' on the straight line which meets in the migration direction of the above-mentioned car, processing each deflection measurement sensor 30 and the signal from 30', removing the irregularity of a road surface proper, and carrying out the separation extract only of the deflection by the impact load.

[0012] The road surface deflection measuring device 10 is carried in the cars 50 and 60 with the movable whole, and it is constituted so that it can operate during migration. And since it

arranges so that other deflection measurement sensor 30' may pass through Rhine through which one deflection measurement sensor 30 passed, the condition of the same road surface can be measured and the deflection of a road surface can be separated at the time of the irregularity of a road surface proper, and impact load grant. According to this invention, the road surface covering a long distance can be measured comparatively in a short time, and the advance situation of degradation by the crack of a road surface can be grasped economically.

[0013] In the portable type road surface deflection measuring device 10 of this invention, only the following T can shift serially two or more above-mentioned deflection measurement sensors 30 and the signal from 30', and the separation extract of the deflection by the above-mentioned impact load can be carried out by taking the difference of the signal of  $T=S/V$  (S is the distance between two or more deflection measurement sensors, and V is the rate of a car) next these two or more deflection measurement sensors 30, and 30'.

[0014] Only the time amount corresponding to deflection measurement sensor spacing / car rate is behind [ other deflection measurement sensor 30' ] in the amount of displacement of the irregularity of the road surface produced when it passes through the location where a road surface R has one deflection measurement sensor 30, and it is similarly outputted from them. Therefore, by only deflection measurement sensor spacing's moving and taking difference, the effect of the irregularity of a road surface is removed, and detection of only the deflection of the road surface accompanying an impact load can be performed, moving.

[0015] The portable type road surface deflection measuring device 10 of this invention is good as having the loading ring 24 to which the above-mentioned impact load grant means 20 tells a road surface that these impact loads are the device 22 in which a weight is dropped, and the load cell 23 which measures the impact load by this weight fall. Since the impact load grant section is a loading ring instead of a loading plate, the deflection of a road surface can be measured moving.

[0016] The measurement ring 31 and 31' by which the portable type road surface deflection measuring device 10 of this invention was attached in the body of the above-mentioned car 50 to which the above-mentioned deflection measurement sensor 30 and 30' move the above-mentioned road surface top in addition to the above-mentioned configuration, The linear gage sensor 33 which detects relative displacement with the sensor base 32 attached in this car 50 body, this base attached on this sensor base 32, and the above-mentioned measurement ring, While the preparation and the above-mentioned impact load joined the road surface and the deflection of a road surface has arisen, it is good as the above-mentioned sensor base serving as a fix point substantially. In this case, a natural frequency can also support the above-mentioned sensor base by the spring mass system 5Hz or less. Since the deflection test section serves as the measurement ring 31, the deflection of a road surface can be measured moving. Furthermore, since the sensor base serves as a fix point substantially, only the spindle of a linear gage sensor can move and the deflection of the road surface accompanying an impact load can be measured.

[0017]

[Embodiment of the Invention] The portable type road surface deflection measuring device applied to the gestalt of one operation of this invention below is explained to a detail, referring to a drawing. Drawing 1 is the schematic diagram showing the example of a configuration of the portable type road surface deflection measuring device of this invention. This portable type road surface deflection measuring device 10 is equipped with the impact load grant means 20, the deflection measurement sensor 30, 30', and the signal-processing means 40.

[0018] The road surface R top is carried in the impact load grant means 20 and the deflection measurement sensor 30, and 30' on towed-vehicle both movable 50. And the deflection measurement sensor 30 and two 30' are arranged at the loading ring 24 order equal distance of the impact load grant means 20 on the straight line which meets in the migration direction of the pulling vehicle 50-ed. in addition, the deflection measurement sensor 30 and 30' -- four sets -- or six or more sets may be arranged. The signal-processing means (computer) 40 is carried on towed-vehicle both the base cars 60 that lead 50.

[0019] The impact load grant means 20 has the composition of giving an impact load to a road

surface R. The deflection measurement sensor 30 has the function to detect the irregularity of a road surface including the deflection of the road surface R by the impact load given with the impact load grant means 20. The signal-processing means 40 has the function to process it in response to the signal from the deflection measurement sensor 30. And each means 20, 30, and 40 are constituted so that it can operate while moving in a road surface R top.

[0020] Each means 20, 30, and 40 are explained in full detail below. The impact load grant means 20 is equipped with the weight fall device 22, the load cell 23, and the loading ring 24 as shown also in the detail drawing of drawing 2. The weight 21 is attached possible [ a vertical slide in the weight fall device 22 ]. The load cell 23 and the loading ring 24 are arranged by the lower part of the weight fall device 22. The weight fall device 22 has the composition of dropping a weight 21. A load cell 23 has the function which measures the impact load by weight fall. The loading ring 24 has the composition of telling an impact load to a road surface R.

[0021] The weight fall device 22 <A HREF="/Tokujitu/tjitemdrw.ipdl?N0000=239&N0500=1E\_N/;>=6=<<?///&N0001=533&N0552=9&N 0553= 000005" TARGET = As shown also in the detail sectional view of "tjitemdrw"> drawing 3, it has plinth 22a, oil hydraulic cylinder 22b and piston 22c, 22d [ of weight installation bases ], chuck 22e, 22f [ of metallic ornaments for fall height adjustment ], and spring 22g. Plinth 22a is attached on the load cell 23 and the loading ring 24, as shown in drawing 2. Oil hydraulic cylinder 22b and piston 22c are arranged perpendicularly on plinth 22a. 22d of weight installation bases is inserted in the side peripheral surface of oil hydraulic cylinder 22b possible [ sliding of shaft orientations ]. Chuck 22e is being fixed to the upper part side peripheral surface of oil hydraulic cylinder 22b by the side peripheral surface of piston 22c by bolt 22ea through slot 22ba prepared in shaft orientations. 22f of metallic ornaments for fall height adjustment is arranged by the upper part side peripheral surface of oil hydraulic cylinder 22b movable. Spring 22g, it is arranged around oil hydraulic cylinder 22b on plinth 22a.

[0022] Piston 22c has composition which moves up and down inside oil hydraulic cylinder 22b with the oil pressure from the lower limit of oil hydraulic cylinder 22b. In addition, this oil pressure is controlled through the hydraulic power unit 51 carried on towed-vehicle both [ the actuation unit 61 carried on the base car 60 shown in drawing 1, and ] 50. 22d of weight installation bases is formed in both ends 22deca of flanges, and in the shape of [ which have 22db ] a cylindrical shape. 22d of this weight installation base has composition which can laminating lay the ring-like weight 21 on flange 22db of a lower limit.

[0023] As for chuck 22e, three arm 22ea(s), 22eb, and 22ec are formed in the shape of abbreviation for H characters. Namely, the central center section of arm 22ea is fixed to the side peripheral surface of piston 22c by bolt 22ea, and, as for chuck 22e, hinge association of arm 22eb of both sides and the center section of 22ec is carried out to the both ends of arm 22ea. And the lower limit of arm 22eb and 22ec is formed in the shape of a hook. This chuck 22e has composition which can release [ grasping and ] 22deca of flanges of the upper limit of 22d of weight installation bases by the switching action of the lower limit of arm 22eb and 22ec.

[0024] 22f of metallic ornaments for fall height adjustment is formed in the hollow truncated-cone configuration of having the centrum of the truncated-cone configuration which can insert the upper limit of arm 22eb and 22ec. 22f of these metallic ornaments for fall height adjustment has composition which can adjust the fall height of a weight 21. Spring 22g, it intervenes between plinth 22a and 22d of weight installation bases, and has composition which can buffer the impact by fall of 22d of weight installation bases.

[0025] The deflection measurement sensor 30 is equipped with the measurement ring 31, the sensor base 32, and the linear gage sensor 33 as shown also in the detail drawing of drawing 4. In addition, drawing 4 (A) is a side elevation and (B) is the top view showing arrangement of a flat spring. The measurement ring 31 is attached in the body of the pulling vehicle 50-ed, for example, can use MC wheel made from Japanese poly PENKO, 150mm of diameters etc., etc. The sensor base 32 is also attached in the body of the pulling vehicle 50-ed. The linear gage sensor 33 is attached in the sensor base 32, for example, the GS-5011 grade by Ono Sokki Co., Ltd. can be used for it.

[0026] The measurement ring 31 is displaced up and down according to the irregularity of a road



surface, corresponding to the deflection of the road surface R which an impact load joins a road surface R with the impact load grant means 20, and is produced. The natural frequency corresponding to the mass of body of linear gage sensor 33a and weight 32a and the elastic force of flat-spring 32b in the sensor base 32 is supported by the spring mass system 5Hz or less. Weight 32a is attached in the lower part of body of linear gage sensor 33a. Four flat-spring 32b is arranged so that the four way type of body of linear gage sensor 33a may be surrounded, and the upper and lower sides are being fixed in the condition of having seen from width and having made it curving in the shape of abbreviation for U characters. This sensor base 32 serves as a fix point substantially, while the impact load joined the road surface R with the impact load grant means 20 and the deflection of a road surface R has arisen.

[0027] As for the linear gage sensor 33, the spindle 33b is directly linked with the measurement ring 31 through joint 33c. This linear gage sensor 33 has the function to detect relative displacement with the sensor base 32 and the measurement ring 31.

[0028] Here, if a road surface R bends by adding an impact load to a road surface R, according to this deflection, the measurement ring 31 of each deflection measurement sensor 30 will be changed up and down. However, since the frequency of the deflection of a road surface R is in the range of about 20Hz - 100Hz, body of linear gage sensor 33a by which the natural frequency is supported by the spring mass system 5Hz or less becomes a fix point while the road surface R has produced the deflection. Therefore, since only spindle 33b of the linear gage sensor 33 directly linked with the measurement ring 31 will move, only the deflection of a road surface R can be measured. Drawing 5 is an example of the pavement road surface detected by the linear gage sensor 33 the load wave-like detected by the load cell 23 when stopping the pulling vehicle 50-ed and carrying out free fall of the weight 21, and deflection wave-like.

[0029] The signal-processing means 40 processes the signal from the encoder with a roller (not shown) which detects each sensor 23, i.e., a load cell, the linear gage sensor 33, and mileage, removes the irregularity of a road surface R proper, and has the function which carries out the separation extract only of the deflection of the road surface R by the impact load. That is, the signal-processing means 40 shifts serially the signal from two or more deflection measurement sensors only for the following T.

$T=S/V$  (S is the distance between two or more deflection measurement sensors, and V is the rate of a car)

And the deflection of the road surface R by the impact load is separated by synchronizing the signal of two or more deflection measurement sensors which can be set at one certain point, and taking difference.

[0030] In such a configuration, actuation when leading the pulling vehicle 50-ed by the base car 60 is explained with reference to the flow chart of drawing 6. In an initial state, 22d of weight installation bases shown in drawing 3 is first located on spring 22g on plinth 22a, and laminating installation of the weight 21 of predetermined weight is carried out on 22d of weight installation bases. And chuck 22e is located in the lowest point of oil hydraulic cylinder 22b, and arm 22eb of chuck 22e and the lower limit of 22ec are grasping 22deca of flanges of the upper limit of 22d of weight installation bases.

[0031] In this condition, an operator operates the hydraulic pump of a hydraulic power unit 51, when it checks whether the actuation unit 61 was operated and oil pressure has reached the regular pressure (S1) and oil pressure has not reached a regular pressure (S2). And if oil pressure reaches a regular pressure, the hydraulic pump of a hydraulic power unit 51 will be stopped (S3), and a weight fall switch will be pushed (S4).

[0032] Thereby, the solenoid valve of a hydraulic power unit 51 opens (S5), and piston 22c goes up within oil hydraulic cylinder 22b by the hydraulic drive. While chuck 22e currently fixed to piston 22c also goes up along with slot 22ba of oil hydraulic cylinder 22b to coincidence, 22d of weight installation bases and the weight 21 which are grasped by chuck 22e also go up along with oil hydraulic cylinder 22b (S6).

[0033] And arm 22eb of chuck 22e and the upper limit of 22ec advance into the centrum of 22f of fall height adjustment metallic ornaments, and are pressurized in the direction closed to a taper-like hollow wall (S7). Thereby, arm 22eb of chuck 22e and the lower limit of 22ec open, and

22d of flanges of the upper limit which is 22d of weight installation bases is released. And 22d of weight installation bases and a weight 21 fall on the loading ring 24 through spring 22g and plinth 22a (S8).

[0034] This fall initiation is detected by the proximity switch which is arranged by 22f of fall height adjustment metallic ornaments and which is not illustrated. And the trigger signal which tells fall initiation is outputted to the signal-processing means 40 from a proximity switch, as shown in drawing 7 (A) (S9). As shown in drawing 7 (B), the impact load by fall is detected by the load cell 23, and is outputted to the signal-processing means 40. Fixed time amount T measurement of this impact load is done from a trigger signal input point in time by the signal-processing means 40.

[0035] And a road surface R bends according to the impact load added to a road surface R through the loading ring 24, it bends according to this deflection, and the measurement ring 31 of the measurement sensor 30 is changed up and down. Furthermore, since the pulling vehicle 50- at this time is moving in a road surface R top, it bends according to the irregularity of a road surface R, and the measurement ring 31 of the measurement sensor 30 is also changed up and down. As shown in drawing 7 (C) and (D), the deflection of this road surface R is detected by each linear gage sensor 33, and is outputted to the signal-processing means 40. Fixed time amount T measurement also of the deflection of this road surface R is done from a trigger signal input point in time by the signal-processing means 40 (S10).

[0036] However, the amount of fluctuation of the measurement ring 31 according to the irregularity of a road surface R is hundreds of micrometers which is the amount by which an impact load is added and a road surface R is bent. It compares, and since it is large, the way things stand, the deflection of a road surface R is buried in the irregularity of a road surface R, and detection of it is impossible. However, this portable type road surface deflection measuring device 10 is constituted so that measurement ring 31 of deflection measurement sensor 30' of another side (backside) may pass through the Rhine top through which the measurement ring 31 of the deflection measurement sensor [ on the other hand / (before side) ] 30 passed. Therefore, the irregularity of the road surface R detected when the measurement ring 31 of the deflection measurement sensor 30 by the side of before passes a road surface R bends also in deflection measurement sensor 30' on the backside, and only the transit time ( $\Delta L$  shown in drawing 7 (C) and (D)) of measurement sensor spacing is in it, and it is outputted similarly.

[0037] Then, as shown in drawing 8 (A) and (B), after the signal-processing means 40 bends, shifts only the transit time  $\Delta L$  of measurement sensor spacing and shifts the measurement data of deflection measurement sensor 30' on the backside with the measurement data of the deflection measurement sensor 30 by the side of before, it takes the difference of the measurement data of near deflection measurement sensor 30'. The measurement data of the deflection of the road surface R which removed the effect of the irregularity of a road surface R as shown in drawing 8 (C) by this can be obtained (S11).

[0038] In addition, since the signal-processing means 40 has inputted the signal from an encoder with a roller, even if a travel speed changes, it can input each deflection measurement sensor 30 and the signal from 30' for every \*\* pitch. for this reason, the signal-processing means 40 -- the above-mentioned migration -- difference -- processing can be processed very easily. And the signal-processing means 40 indicates each measurement data by the output at CRT, a printer, etc. (S12).

[0039] Then, piston 22c descends within oil hydraulic cylinder 22b by the hydraulic drive. Chuck 22e currently fixed to piston 22c also descends to coincidence along with slot 22ba of oil hydraulic cylinder 22b. And if arm 22eb of chuck 22e and the upper limit of 22ec escape from the centrum of 22f of fall height adjustment metallic ornaments, a lower limit will close according to the stability of the spring which is not illustrated. and the time of chuck 22e being located in the lowest point of oil hydraulic cylinder 22b -- arm 22eb of chuck 22e, and the lower limit of 22ec -- 22d of flanges of the upper limit of 22d of weight installation bases -- the push open -- him -- 22d of flanges is grasped again (S13). This returns to an initial state.

[0040] An operator repeats the actuation returned and mentioned above to step S1, when checking whether measurement of the deflection of a road surface R is ended (S14) and

continuing deflection measurement of a road surface R. Thus, according to the above-mentioned portable type road surface deflection measuring device 10, but the effect of the irregularity of a road surface R can be removed, running, and the deflection of the road surface R by fall of a weight 21 can be detected.

[0041] Drawing 9 and drawing 10 are drawings in which making another operation gestalt of the weight fall device of an impact load grant means correspond to drawing 2 and drawing 3, respectively, and showing it, and the same configuration part attaches the same number and omits explanation. The weight fall device 72 of this impact load grant means 70 is equipped with cylinder 72f which operates by chuck 72e and oil pressure, or pneumatics instead of chuck 22e of the weight fall device 22, and 22f of metallic ornaments for fall height adjustment.

[0042] As for chuck 72e, hinge association of the center section is carried out in the upper part of piston 22c. And the upper limit of chuck 72e is joined by cylinder 72f, and the lower limit is formed in the shape of a hook. This chuck 72e also rocks a lower limit with rocking of the upper limit by cylinder 72f, and has composition which can release [ grasping and ] 22d of flanges of the upper limit of 22d of weight installation bases. Also with such an impact load grant means 70 of a configuration, a weight 21 can be dropped with a sufficient precision from predetermined height.

[0043] Usually, using an accelerometer is also considered as equipment which measures the variation rate of a road surface. However, since it is necessary to compute the variation rate of a road surface by once finding the integral when using an accelerometer, a calculation error will arise. Since the linear gage sensor is used this time, the variation rate of a direct road surface can be caught and an error is not produced. Moreover, using the displacement gage of a non-contact method not using a wheel is also considered. However, even when migration difference of the fine irregularity of a road surface is caught and carried out, the effect of the fine irregularity of a road surface remains. Since the effect of the fine irregularity of a road surface is canceled when it is made a wheel, the effect of [ at the time of carrying out migration difference ] becomes very small.

[0044]

[Effect of the Invention] Since it is constituted according to the portable type road surface deflection measuring device of this invention, and the portable type road surface deflection measuring method so that the whole equipment may be carried in a movable car and it can operate during migration as stated above, it is not necessary to stop equipment at every measurement and to make preparations, such as touch-down of a loading plate or a deflection measurement sensor, and receipt, to it like before. For this reason, measurement effectiveness can be raised. Moreover, also in the case of the usual road, safety can be raised, without barring traffic at the time of measurement.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

## [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the schematic diagram showing the example of a configuration of the portable type road surface deflection measuring device of this invention.

[Drawing 2] It is the detail drawing of the impact load grant means of the portable type road surface deflection measuring device of drawing 1 . (A) is a front view and (B) is a side elevation.

[Drawing 3] It is the detail sectional view of the weight fall device of the impact load grant means of drawing 2 . The front view in which (A) shows the weight's rise middle, and (B) are the front views showing the fall middle of a weight.

[Drawing 4] It is the detail drawing of the deflection measurement sensor of the portable type road surface deflection measuring device of drawing 1 . (A) is a side elevation and (B) is the top view showing arrangement of a flat spring.

[Drawing 5] It is a load wave-like and deflection wave-like example of a pavement road surface which was made to suspend the pulling vehicle-ed of drawing 1 , and was detected with the portable type road surface deflection measuring device.

[Drawing 6] It is a flow chart for explaining actuation of the portable type road surface deflection measuring device of drawing 1 .

[Drawing 7] It is the 1st wave form chart showing the measurement data in the portable type road surface deflection measuring device of drawing 1 .

[Drawing 8] It is the 2nd wave form chart showing the measurement data in the portable type road surface deflection measuring device of drawing 1 .

[Drawing 9] It is the detail drawing of another impact load grant means of the portable type road surface deflection measuring device of drawing 1 .

[Drawing 10] It is the detail sectional view of the weight fall device of the impact load grant means of drawing 9 . The front view in which (A) shows the weight's rise middle, and (B) are the front views showing the fall middle of a weight.

[Drawing 11] It is the schematic diagram showing the example of a configuration of the conventional road surface deflection measuring device.

## [Description of Notations]

1 Loading Plate 2 Weight

3 Load Cell 4 Deflection Measurement Sensor

10 Portable Type Road Surface Deflection Measuring Device 20 70 Impact Load Grant Means

21 Weight 22 72 Weight Fall Device

23 Load Cell 24 Loading Ring

30 Deflection Measurement Sensor 31 Measurement Ring

32 Sensor Base 33 Linear Gage Sensor

40 Signal-Processing Means 50 Pulling Vehicle-ed

51 Hydraulic Power Unit 60 Base Car

61 Actuation Unit 22a Plinth

22b Oil hydraulic cylinder 22c Piston

22d Weight installation base 22e, 72e chuck

22f Metallic ornaments for fall height adjustment 22g Spring

72f Cylinder 32a Weight  
32b Flat spring 33a Body of a linear gage sensor  
33b Spindle 33c Joint

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-292330  
(P2000-292330A)

(43) 公開日 平成12年10月20日 (2000. 10. 20)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
G 0 1 N 3/30		G 0 1 N 3/30	L 2 D 0 5 3
E 0 1 C 23/01		E 0 1 C 23/01	2 F 0 6 9
G 0 1 B 21/00		G 0 1 B 21/00	T 2 G 0 6 1

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平11-99612

(22) 出願日 平成11年4月7日 (1999. 4. 7)

(71) 出願人 591216473  
財団法人首都高速道路技術センター  
東京都港区虎ノ門三丁目10番11号  
(71) 出願人 393019931  
コマツエンジニアリング株式会社  
東京都港区赤坂2丁目3番6号  
(72) 発明者 高田 恭一  
神奈川県茅ヶ崎市柳島海岸990-3  
(72) 発明者 田村 尚美  
埼玉県岩槻市真福寺432-2  
(74) 代理人 100100413  
弁理士 渡部 温 (外1名)

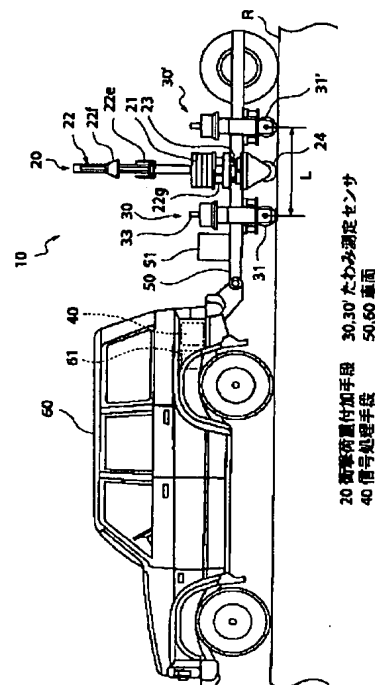
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 移動式路面たわみ測定装置及び移動式路面たわみ測定方法

#### (57) 【要約】

【課題】 路面上を移動しながら路面のたわみを測定することができる移動式路面たわみ測定装置及び移動式路面たわみ測定方法を提供する。

【解決手段】 本発明の移動式路面たわみ測定装置は、衝撃荷重付与手段20と、たわみ測定センサ30、30'と、信号処理手段40とを備えている。たわみ測定センサ及び各手段は、路上を移動可能な車両50、60上に搭載されている。上記たわみ測定センサ30、30'は、上記車両の移動方向に沿う直線上に複数配置されている。信号処理手段は、各たわみ測定センサからの信号を処理して、路面固有の凹凸を取り除いて、衝撃荷重によるたわみのみを分離抽出する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 路面 R に衝撃荷重を与える衝撃荷重付与手段 20 と、  
 該衝撃荷重による路面 R のたわみを検出するたわみ測定センサ 30、30' と、  
 該たわみ測定センサからの信号を受けてそれを処理する信号処理手段 40 と、  
 を具備する路面たわみ測定装置であって；上記衝撃荷重付与手段 20、たわみ測定センサ 30、30' 及び信号処理手段 40 が路上を移動可能な車両 50、60 上に搭載されているとともに、各手段は移動中においても作動可能なように構成されており、  
 上記たわみ測定センサ 30、30' が、上記車両 50 の移動方向に沿う直線上において複数配置されており、  
 上記信号処理手段 40 が、各たわみ測定センサ 30 からの信号を処理し、路面 R 固有の凹凸を取り除いて衝撃荷重によるたわみのみを分離抽出することを特徴とする移動式路面たわみ測定装置。

【請求項 2】 上記複数のたわみ測定センサ 30、30' からの信号を時系列的に以下 T だけずらし、  
 $T = S / V$   
 (S は複数のたわみ測定センサ間の距離、V は車両の速度)

次に、該複数のたわみ測定センサ 30、30' の信号の差分を取ることににより上記衝撃荷重によるたわみを分離抽出することを特徴とする請求項 1 記載の移動式路面たわみ測定装置。

【請求項 3】 上記衝撃荷重付与手段 20 が、重錘を落下させる機構 22 と、  
 該重錘落下による衝撃荷重を計測するロードセル 23 と、  
 該衝撃荷重を路面に伝える載荷輪 24 と、  
 を有することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の移動式路面たわみ測定装置。

【請求項 4】 上記たわみ測定センサ 30 が、  
 上記路面上を転動する上記車両 50 の本体に取り付けられた測定輪 31、31' と、  
 該車両 50 の本体に取り付けられたセンサベース 32 と、  
 該センサベース上に取り付けられた該ベースと上記測定輪との相対的変位を検出するリニアゲージセンサ 33 と、  
 を備え、  
 上記衝撃荷重が路面に加わって路面のたわみが生じている間は、上記センサベース 32 が実質的に不動点となることを特徴とする請求項 1、2 又は 3 のいずれか 1 項記載の移動式路面たわみ測定装置。

【請求項 5】 上記センサベース 32 が固有振動数が 5 Hz 以下のバネマス系で支持されていることを特徴とする請求項 4 記載の移動式路面たわみ測定装置。

【請求項 6】 路面 R に衝撃荷重を与え、  
 該衝撃荷重による路面 R のたわみをたわみ測定センサ 30、30' で検出し、  
 該たわみ測定センサ 30、30' からの信号を受けてそれを処理することにより路面たわみを測定する方法であって；上記衝撃荷重を与える手段 20、上記たわみを検出するたわみ測定センサ 30、30' 及び上記信号を処理する手段 40 を路上を移動可能な車両 50、60 上に搭載し、

10 上記たわみ測定センサ 30、30' を上記車両の移動方向に沿う直線上に複数配置し、  
 各たわみ測定センサ 30、30' からの信号を処理し、路面固有の凹凸を取り除いて衝撃荷重によるたわみのみを分離抽出することを特徴とする移動式路面たわみ測定方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、道路の舗装路面や橋梁のコンクリート床版構造などの健全度や耐久性の評価を行うための路面たわみ測定装置及び測定方法に関する。特に、路面上を移動しながらたわみ測定できる移動式路面たわみ測定装置及び測定方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】アスファルトやコンクリートの舗装路面あるいは橋梁の舗装構造やコンクリート床版構造は、ひび割れが進んで次第に劣化する（第 21 回日本道路会議論文集 p. 910, 911 など参照）。このようなひび割れによる劣化の進行状況を調べ、構造の健全性を評価するため、路面に衝撃荷重を与えた時の路面のたわみを測定することが行われている。

【0003】路面たわみ測定試験方法（装置）には、以下のようなものが知られている。

① ベンケルマンビーム法（ASPHALT Vol. 29, No. 147, p. 4-）

② デフレクトグラフ法（ASPHALT Vol. 29, No. 147, p. 4-）

③ ロードレータ法（ASPHALT Vol. 29, No. 147, p. 4-）

④ ダイナフレクト法（ASPHALT Vol. 29, No. 147, p. 4-）

⑤ サンパー法（ASPHALT Vol. 29, No. 147, p. 4-）

⑥ フォリングウェイトデフレクトメータ法（FWD 法、ASPHALT Vol. 35, No. 175, p. 2-）

⑦ 建設省土木研究所式（特公昭 50-34937 号）

【0004】これらのうち最も一般的に普及しているのが上記 FWD（Falling Weight Deflectometer）法である。図 11 に FWD の基本原理を示す。同方法では、載荷板 1 を路面に接地し重錘 2 をある高さから載荷板 1 上に落下させて衝撃荷重を発生させる。この時の発生する力の最大値の  $F_{max}$  は次式で表される。

$$F_{max} = (2 \cdot M \cdot g \cdot H \cdot R)^{1/2}$$

M：重錘の質量 (kg)

R：載荷板上のバネ 5 のバネ定数 (N/m)

H：落下高さ (m)

g：重力加速度 ( $m/s^2$ )

【0005】この路面に与えられた衝撃荷重を受けて、路面が瞬間的にたわむ。この衝撃荷重をロードセル 3 で測定すると同時に、たわみを複数のたわみ測定センサ 4 で測定する。このたわみ測定センサ 4 として、リニアゲージセンサを使っているものがある。すなわち、このリニアゲージセンサのスピンドル先端の測定子を直接路面に接触させておき、衝撃荷重により路面がたわむと、スピンドルも上下に動き、その動いた量に応じた量子化されたパルスが出力される。このパルス量をカウントすることによりたわみ量が検出できる。

【0006】この方式の場合、リニアゲージセンサのスピンドル以外の部分は、衝撃荷重が加わって路面がたわみを生じている間は、不動点になっている必要がある。そこで、リニアゲージセンサは板バネのついた支持ビームで固定することで、リニアゲージセンサ本体は固有振動数の低いバネマス系で支持される。このため、衝撃荷重が加わって路面がたわむ瞬間は、リニアゲージセンサ本体は動かず（不動点となる）、スピンドルのみが変動し、変位量が捉えられるようになっている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の FWD 式路面たわみ測定装置を用いる場合は、測定時には装置を一旦測定地点に停止させ、載荷板 1 及びたわみ測定センサ 4 を路面上に接地する等の準備を行う。その後、重錘 2 を載荷板 1 に落下させて衝撃荷重を発生させ、その時のロードセル 3 及びたわみ測定センサ 4 からの信号を捉えて処理していく。そして、測定が終了すると、たわみ測定センサ 4 と載荷板 1 を路面上から離し、次の測定地点に移動してから再び接地する等の準備を行う。

【0008】このように測定時には、必ず装置を停止させたり、また載荷板 1 やたわみ測定センサ 4 の接地、収納といった準備をしなければならず、手間や時間がかかるものになっている。また、通常の道路上で測定する場合は、測定時に交通の妨げにもなり安全上も問題があった。なお、FWD 以外の上述の各方法も、たわみ測定時に一時停止する必要がある、移動しながらたわみ測定できる実用的なものはなかった。

【0009】本発明は、このような問題点を鑑みてなされたもので、その目的は、路面上を移動しながら路面のたわみを測定することができる路面たわみ測定装置及び測定方法を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段及び作用効果】上記課題を解決するため、本発明の移動式路面たわみ測定装置は、路面 R に衝撃荷重を与える衝撃荷重付与手段 20 と、該衝撃荷重による路面 R のたわみを検出するたわみ測定セ

ンサ 30、30' と、該たわみ測定センサからの信号を受けてそれを処理する信号処理手段 40 と、を具備する路面たわみ測定装置であって；上記衝撃荷重付与手段 20、たわみ測定センサ 30、30' 及び信号処理手段 40 が路上を移動可能な車両 50、60 上に搭載されているとともに、各手段は移動中においても作動可能のように構成されており、上記たわみ測定センサ 30、30' が、上記車両 50 の移動方向に沿う直線上において複数配置されており、上記信号処理手段 40 が各たわみ測定センサ 30、30' からの信号を処理し、路面 R 固有の凹凸を取り除いて衝撃荷重によるたわみのみを分離抽出することを特徴とする。

【0011】また、本発明の移動式路面たわみ測定方法は、路面 R に衝撃荷重を与え、該衝撃荷重による路面 R のたわみをたわみ測定センサ 30、30' で検出し、該たわみ測定センサ 30 からの信号を受けてそれを処理することにより路面たわみを測定する方法であって；上記衝撃荷重を与える手段 20、上記たわみを検出するたわみ測定センサ 30、30' 及び上記信号を処理する手段 40 を路上を移動可能な車両 50、60 上に搭載し、上記たわみ測定センサ 30、30' を上記車両の移動方向に沿う直線上に複数配置し、各たわみ測定センサ 30、30' からの信号を処理し、路面固有の凹凸を取り除いて衝撃荷重によるたわみのみを分離抽出することを特徴とする。

【0012】路面たわみ測定装置 10 は、全体が移動可能な車両 50、60 に搭載され、かつ移動中に作動可能のように構成されている。そして、一つのたわみ測定センサ 30 が通過したラインを他のたわみ測定センサ 30' も通過するように配置しているため、同一路面の状態を測定して路面固有の凹凸と衝撃荷重付与時路面のたわみを分離することができる。本発明によれば、長距離にわたる路面を比較的短時間で測定することができ、路面のひび割れによる劣化の進行状況を経済的に把握することができる。

【0013】本発明の移動式路面たわみ測定装置 10 においては、上記複数のたわみ測定センサ 30、30' からの信号を時系列的に以下 T だけずらし、 $T = S/V$

(S は複数のたわみ測定センサ間の距離、V は車両の速度)、次に、該複数のたわみ測定センサ 30、30' の信号の差分を取ることにより上記衝撃荷重によるたわみを分離抽出することができる。

【0014】一つのたわみ測定センサ 30 が路面 R のある位置を通過した時に生じる路面の凹凸の変位量が、他のたわみ測定センサ 30' から、たわみ測定センサ間隔/車両速度に対応した時間だけ遅れて同じよう出力される。したがって、たわみ測定センサ間隔だけ移動して差分をとることにより、路面の凹凸の影響を除去し、衝撃荷重に伴う路面のたわみのみの検出を、移動しながら行うことができる。

10

20

30

40

50



【0015】本発明の移動式路面たわみ測定装置10は、上記衝撃荷重付与手段20が、重錘を落下させる機構22と、該重錘落下による衝撃荷重を計測するロードセル23と、該衝撃荷重を路面に伝える載荷輪24を有することとしてよい。衝撃荷重付与部が、載荷板でなく載荷輪になっているため、移動しながら路面のたわみを測定することができる。

【0016】本発明の移動式路面たわみ測定装置10は、上記構成に加え、上記たわみ測定センサ30、30'が、上記路面上を移動する上記車両50の本体に取り付けられた測定輪31、31'と、該車両50本体に取り付けられたセンサベース32と、該センサベース32に取り付けられた該ベースと上記測定輪との相対的変位を検出するリニアゲージセンサ33と、を備え、上記衝撃荷重が路面に加わって路面のたわみが生じている間は、上記センサベースが実質的に不動点となることとしてよい。この場合、上記センサベースを固有振動数が5Hz以下のバネマス系で支持することもできる。たわみ測定部が、測定輪31となっているため、移動しながら路面のたわみを測定することができる。さらに、センサベースが実質的に不動点となっているため、リニアゲージセンサのスピンドルのみが動いて、衝撃荷重に伴う路面のたわみを測定することができる。

#### 【0017】

【発明の実施の形態】以下本発明の1つの実施の形態に係る移動式路面たわみ測定装置について、図面を参照しつつ詳細に説明する。図1は、本発明の移動式路面たわみ測定装置の構成例を示す概略図である。この移動式路面たわみ測定装置10は、衝撃荷重付与手段20、たわみ測定センサ30、30'及び信号処理手段40を備えている。

【0018】衝撃荷重付与手段20及びたわみ測定センサ30、30'は、路面R上を移動可能な被牽引車両50上に搭載されている。そして、たわみ測定センサ30、30'は、被牽引車両50の移動方向に沿う直線上において、衝撃荷重付与手段20の載荷輪24の前後等距離に2台配置されている。なお、たわみ測定センサ30、30'は、4台あるいは6台以上配置してもよい。信号処理手段(コンピュータ)40は、被牽引車両50を牽引するベース車両60上に搭載されている。

【0019】衝撃荷重付与手段20は、路面Rに衝撃荷重を与える構成となっている。たわみ測定センサ30は、衝撃荷重付与手段20で付与される衝撃荷重による路面Rのたわみを含む路面の凹凸を検出する機能を有する。信号処理手段40は、たわみ測定センサ30からの信号を受けてそれを処理する機能を有する。そして、各手段20、30、40は、路面R上を移動中においても作動可能なように構成されている。

【0020】以下に各手段20、30、40について詳述する。衝撃荷重付与手段20は、図2の詳細図にも示

すように、重錘落下機構22、ロードセル23及び載荷輪24を備えている。重錘21は、重錘落下機構22に上下スライド可能に取付けられている。ロードセル23及び載荷輪24は、重錘落下機構22の下部に配設されている。重錘落下機構22は、重錘21を落下させる構成となっている。ロードセル23は、重錘落下による衝撃荷重を測定する機能を有する。載荷輪24は、衝撃荷重を路面Rに伝える構成となっている。

【0021】重錘落下機構22は、図3の詳細断面図にも示すように、台座22a、油圧シリンダ22bとピストン22c、重錘載置台22d、チャック22e、落下高さ調整用金具22f及びバネ22gを備えている。台座22aは、図2に示すようにロードセル23及び載荷輪24の上に取り付けられている。油圧シリンダ22bとピストン22cは、台座22a上に垂直に配設されている。重錘載置台22dは、油圧シリンダ22bの側周面に軸方向に摺動可能に挿入されている。チャック22eは、油圧シリンダ22bの上部側周面に軸方向に設けられている溝22baを介して、ピストン22cの側周面にボルト22eaにより固定されている。落下高さ調整用金具22fは、油圧シリンダ22bの上部側周面に移動可能に配設されている。バネ22gは、台座22a上において油圧シリンダ22bの周囲に配設されている。

【0022】ピストン22cは、油圧シリンダ22bの下端からの油圧により、油圧シリンダ22b内部で上下動する構成となっている。なお、この油圧は、図1に示すベース車両60上に搭載されている操作ユニット61及び被牽引車両50上に搭載されている油圧装置51を介して制御されるようになっている。重錘載置台22dは、両端につば22da、22dbを有する略円筒形状に形成されている。この重錘載置台22dは、下端のつば22db上にリング状の重錘21を積層載置可能な構成となっている。

【0023】チャック22eは、3本のアーム22ea、22eb、22ecが略H字状に形成されている。すなわち、チャック22eは、中央のアーム22eaの中央部が、ピストン22cの側周面にボルト22eaにより固定され、両側のアーム22eb、22ecの中央部が、アーム22eaの両端にヒンジ結合されている。そして、アーム22eb、22ecの下端は鉤状に形成されている。このチャック22eは、アーム22eb、22ecの下端の開閉動作により、重錘載置台22dの上端のつば22daを把持・解放可能な構成となっている。

【0024】落下高さ調整用金具22fは、アーム22eb、22ecの上端を挿入可能な円錐台形状の中空部を有する中空円錐台形状に形成されている。この落下高さ調整用金具22fは、重錘21の落下高さが調整可能な構成となっている。バネ22gは、台座22aと重錘

載置台 22 d の間に介在し、重錘載置台 22 d の落下による衝撃が緩衝可能な構成となっている。

【0025】たわみ測定センサ 30 は、図 4 の詳細図にも示すように、測定輪 31、センサベース 32 及びリニアゲージセンサ 33 を備えている。なお、図 4 (A) は側面図であり、(B) は板バネの配置を示す平面図である。測定輪 31 は、被牽引車両 50 の本体に取り付けられており、例えば日本ポリペンコ社製の MC 車輪、径 150mm 等が使用できる。センサベース 32 も、被牽引車両 50 の本体に取り付けられている。リニアゲージセンサ 33 は、センサベース 32 に取り付けられており、例えば小野測器社製の GS-5011 等を使用できる。

【0026】測定輪 31 は、衝撃荷重付与手段 20 により衝撃荷重が路面 R に加わって生じる路面 R のたわみに応じて、また路面の凹凸に応じて上下に変位する。センサベース 32 は、リニアゲージセンサ本体 33 a 及びウエイト 32 a の質量と板バネ 32 b の弾性力に対応した固有振動数が 5Hz 以下のバネマス系で支持されている。ウエイト 32 a は、リニアゲージセンサ本体 33 a の下部に取り付けられている。板バネ 32 b は、リニアゲージセンサ本体 33 a の四方を囲むように 4 つ配置され、横から見て略 U 字状に湾曲させた状態で上下が固定されている。このセンサベース 32 は、衝撃荷重付与手段 20 により衝撃荷重が路面 R に加わって路面 R のたわみが生じている間は、実質的に不動点となる。

【0027】リニアゲージセンサ 33 は、そのスピンドル 33 b がジョイント 33 c を介して測定輪 31 に直結されている。このリニアゲージセンサ 33 は、センサベース 32 と測定輪 31 との相対的変位を検出する機能を有する。

【0028】ここで、路面 R に衝撃荷重を加えることにより路面 R がたわむと、このたわみに応じて各たわみ測定センサ 30 の測定輪 31 が上下に変動する。しかし、路面 R のたわみの振動数は約 20Hz ~ 100Hz の範囲にあるので、固有振動数が 5Hz 以下のバネマス系で支持されているリニアゲージセンサ本体 33 a は、路面 R がたわみを生じている間は不動点となる。したがって、測定輪 31 に直結されたリニアゲージセンサ 33 のスピンドル 33 b のみが動くことになるので、路面 R のたわみのみを測定することができる。図 5 は、被牽引車両 50 を停止させ、重錘 21 を自由落下させた時の、ロードセル 23 で検出した荷重波形とリニアゲージセンサ 33 で検出した舗装路面のたわみ波形の一例である。

【0029】信号処理手段 40 は、各センサ、すなわちロードセル 23、リニアゲージセンサ 33 及び走行距離を検出するローラ付きエンコーダ（図示せず）等からの信号を処理して、路面 R 固有の凹凸を取り除いて、衝撃荷重による路面 R のたわみのみを分離抽出する機能を有する。すなわち、信号処理手段 40 は、複数のたわみ測定センサからの信号を時系列的に以下 T だけずらす。

$$T = S / V$$

(S は複数のたわみ測定センサ間の距離、V は車両の速度)

そして、ある 1 つの地点における複数のたわみ測定センサの信号を同期させて差分を取ることで、衝撃荷重による路面 R のたわみを分離する。

【0030】このような構成において、ベース車両 60 で被牽引車両 50 を牽引しているときの動作について図 6 のフローチャートを参照して説明する。まず初期状態においては、図 3 に示す重錘載置台 22 d は、台座 22 a 上のバネ 22 g の上に位置しており、重錘載置台 22 d 上には、所定重量の重錘 21 が積層載置されている。そして、チャック 22 e は、油圧シリンダ 22 b の最下点に位置しており、チャック 22 e のアーム 22 e b、22 e c の下端が、重錘載置台 22 d の上端のつば 22 d a を把持している。

【0031】この状態で、オペレータは、操作ユニット 61 を操作して油圧が規定の圧力に達しているか否かを確認し (S1)、油圧が規定の圧力に達していないときは、油圧装置 51 の油圧ポンプを作動させる (S2)。そして、油圧が規定の圧力に達したら、油圧装置 51 の油圧ポンプを停止させ (S3)、重錘落下スイッチを押す (S4)。

【0032】これにより、油圧装置 51 の電磁弁が開き (S5)、油圧駆動によりピストン 22 c が、油圧シリンダ 22 b 内で上昇する。同時に、ピストン 22 c に固定されているチャック 22 e も、油圧シリンダ 22 b の溝 22 b a に沿って上昇すると共に、チャック 22 e に把持されている重錘載置台 22 d 及び重錘 21 も、油圧シリンダ 22 b に沿って上昇する (S6)。

【0033】そして、チャック 22 e のアーム 22 e b、22 e c の上端は、落下高さ調整金具 22 f の中空部内に入し、テーパ状の中空壁に閉じる方向に加圧される (S7)。これにより、チャック 22 e のアーム 22 e b、22 e c の下端が開き、重錘載置台 22 d の上端のつば 22 d a が解放される。そして、重錘載置台 22 d 及び重錘 21 が、バネ 22 g 及び台座 22 a を介した載荷輪 24 上に落下する (S8)。

【0034】この落下開始は、落下高さ調整金具 22 f に配設されている図示しない近接スイッチにより検出される。そして、落下開始を知らせるトリガ信号が、図 7 (A) に示すように、近接スイッチから信号処理手段 40 に出力される (S9)。落下による衝撃荷重は、図 7 (B) に示すように、ロードセル 23 により検出されて信号処理手段 40 に出力される。この衝撃荷重は、信号処理手段 40 によりトリガ信号入力時点から一定時間 T 測定される。

【0035】そして、載荷輪 24 を介して路面 R に加えられる衝撃荷重により路面 R がたわみ、このたわみに応じてたわみ測定センサ 30 の測定輪 31 が上下に変動す

る。さらに、このときの被牽引車両50は、路面R上を移動中であるので、路面Rの凹凸に応じてたわみ測定センサ30の測定輪31も上下に変動する。この路面Rのたわみは、図7(C)、(D)に示すように、各リニアゲージセンサ33により検出されて信号処理手段40に出力される。この路面Rのたわみも、信号処理手段40によりトリガ信号入力時点から一定時間T測定される(S10)。

【0036】ところが、路面Rの凹凸に応じた測定輪31の変動量は、衝撃荷重が加わって路面Rがたわむ量である数百 $\mu\text{m}$ に比べて大きいものであるため、このままでは路面Rのたわみは、路面Rの凹凸に埋もれてしまい検出ができない。しかし、この移動式路面たわみ測定装置10は、一方(前側)のたわみ測定センサ30の測定輪31が通過したライン上を、他方(後側)のたわみ測定センサ30'の測定輪31'が通過するように構成されている。したがって、前側のたわみ測定センサ30の測定輪31が路面Rを通過した時に検出される路面Rの凹凸が、後側のたわみ測定センサ30'にもたわみ測定センサ間隔の移動時間(図7(C)、(D)に示す $\Delta L$ )だけ遅れて同じよう出力される。

【0037】そこで、信号処理手段40は、図8(A)、(B)に示すように、後側のたわみ測定センサ30'の測定データをたわみ測定センサ間隔の移動時間 $\Delta L$ だけシフトし、前側のたわみ測定センサ30の測定データとシフトした後側のたわみ測定センサ30'の測定データの差分をとる。これにより、図8(C)に示すような路面Rの凹凸の影響を除去した路面Rのたわみの測定データを得ることができる(S11)。

【0038】なお、信号処理手段40は、ローラ付きエンコーダからの信号を入力しているため、走行速度が変化しても等ピッチ毎に各たわみ測定センサ30、30'からの信号を入力することができる。このため、信号処理手段40は、上記移動差分処理を極めて容易に処理することができる。そして、信号処理手段40は、各測定データをCRTやプリンタ等に出力表示する(S12)。

【0039】その後、油圧駆動によりピストン22cが、油圧シリンダ22b内で下降する。同時に、ピストン22cに固定されているチャック22eも、油圧シリンダ22bの溝22baに沿って下降する。そして、チャック22eのアーム22eb、22ecの上端が、落下高さ調整金具22fの中空部から抜けると、図示しないバネの復元力により下端が閉じる。そして、チャック22eが、油圧シリンダ22bの最下点に位置するときに、チャック22eのアーム22eb、22ecの下端が、重錘載置台22dの上端のつば22daにより押し開かれ、再度つば22daを把持する(S13)。これにより、初期状態に戻る。

【0040】オペレータは、路面Rのたわみの測定を終

了するか否か確認し(S14)、路面Rのたわみ測定を続行するときは、ステップS1に戻って上述した動作を繰り返す。このように、上記移動式路面たわみ測定装置10によれば、走行しながらも路面Rの凹凸の影響を除去して、重錘21の落下による路面Rのたわみを検出することができる。

【0041】図9及び図10は、衝撃荷重付与手段の重錘落下機構の別の実施形態を、図2及び図3にそれぞれ対応させて示す図であり、同一構成箇所は同一番号を付して説明を省略する。この衝撃荷重付与手段70の重錘落下機構72は、重錘落下機構22のチャック22e及び落下高さ調整用金具22f代わりに、チャック72e及び油圧または空圧で動作するシリンダ72fを備えている。

【0042】チャック72eは、中央部がピストン22cの上部にヒンジ結合されている。そして、チャック72eの上端はシリンダ72fに接合され、下端は鉤状に形成されている。このチャック72eは、シリンダ72fによる上端の揺動により下端も揺動し、重錘載置台22dの上端のつば22daを把持・解放可能な構成となっている。このような構成の衝撃荷重付与手段70でも、重錘21を所定の高さから精度良く落下させることができる。

【0043】通常、路面の変位を測定する装置として、加速度計を用いることも考えられる。ところが、加速度計を用いる場合、一旦積分して路面の変位を算出する必要があるため、算出誤差が生じてしまう。今回、リニアゲージセンサを用いているため、直接路面の変位を捉えることができ、誤差は生じない。また、車輪を用いず非接触方式の変位計を用いることも考えられる。ところが、路面の細かな凹凸を捉えてしまい、移動差分した場合でも路面の細かな凹凸の影響が残る。車輪にした場合は、路面の細かな凹凸の影響はキャンセルされるため、移動差分した場合の影響は微少となる。

【0044】

【発明の効果】以上述べた通り、本発明の移動式路面たわみ測定装置及び移動式路面たわみ測定方法によれば、装置全体が移動可能な車両に搭載され、かつ移動中に作動可能なように構成されているため、従来のように測定の度に装置を停止させたり、また載荷板やたわみ測定センサの接地、収納といった準備をする必要がない。このため、測定効率を向上させることができる。また、通常の道路の場合でも、測定時に交通を妨げることもなく、安全性を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の移動式路面たわみ測定装置の構成例を示す概略図である。

【図2】図1の移動式路面たわみ測定装置の衝撃荷重付与手段の詳細図である。(A)は、正面図、(B)は、側面図である。

【図3】図2の衝撃荷重付与手段の重錘落下機構の詳細断面図である。(A)は、重錘の上昇途中を示す正面図、(B)は、重錘の落下途中を示す正面図である。

【図4】図1の移動式路面たわみ測定装置のたわみ測定センサの詳細図である。(A)は側面図であり、(B)は板バネの配置を示す平面図である。

【図5】図1の被牽引車両を停止させ、移動式路面たわみ測定装置で検出した荷重波形と舗装路面のたわみ波形の一例である。

【図6】図1の移動式路面たわみ測定装置の動作を説明するためのフローチャートである。

【図7】図1の移動式路面たわみ測定装置における測定データを示す第1の波形図である。

【図8】図1の移動式路面たわみ測定装置における測定データを示す第2の波形図である。

【図9】図1の移動式路面たわみ測定装置の別の衝撃荷重付与手段の詳細図である。

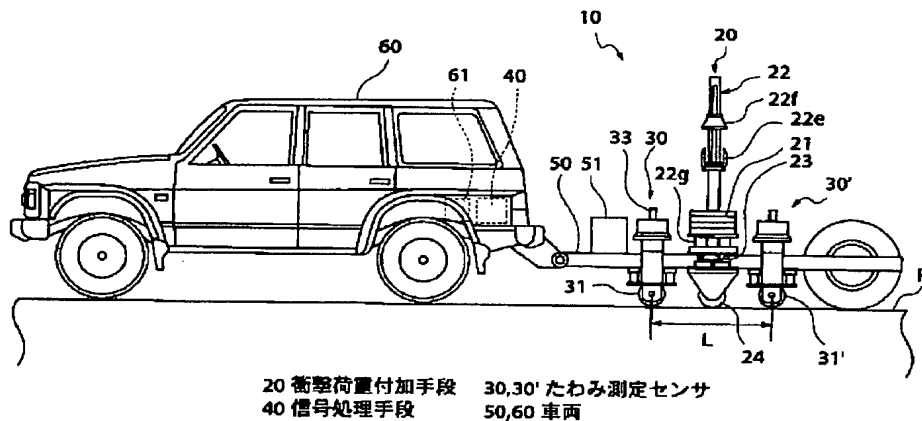
【図10】図9の衝撃荷重付与手段の重錘落下機構の詳細断面図である。(A)は、重錘の上昇途中を示す正面図、(B)は、重錘の落下途中を示す正面図である。

【図11】従来の路面たわみ測定装置の構成例を示す概略図である。

【符号の説明】

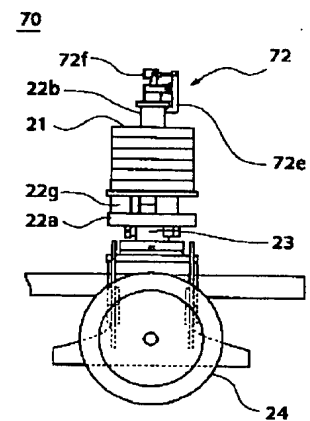
* 1	載荷板	2	重錘
3	ロードセル	4	たわみ測定センサ
10	移動式路面たわみ測定装置	20、70	衝撃荷重付与手段
21	重錘	22、72	重錘落下機構
23	ロードセル	24	載荷輪
30	たわみ測定センサ	31	測定輪
32	センサベース	33	リニアゲージ
40	信号処理手段	50	被牽引車両
51	油圧装置	60	ベース車両
61	操作ユニット	22a	台座
22b	油圧シリンダ	22c	ピストン
22d	重錘載置台	22e、72e	チャック
22f	落下高さ調整用金具	22g	バネ
72f	シリンダ	32a	ウエイト
32b	板バネ	33a	リニアゲージセンサ本体
33b	スピンドル	33c	ジョイント

【図1】

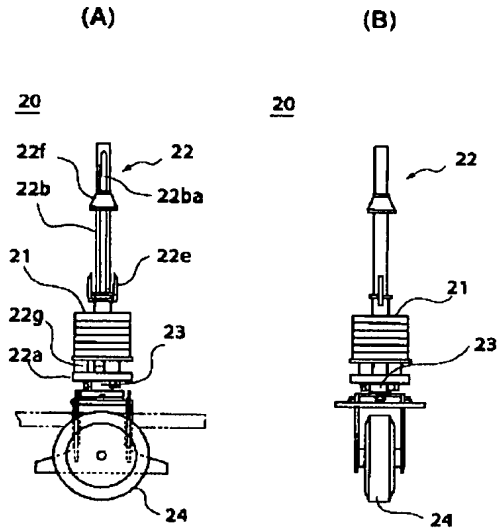


20 衝撃荷重付与手段 30, 30' たわみ測定センサ  
40 信号処理手段 50, 60 車両

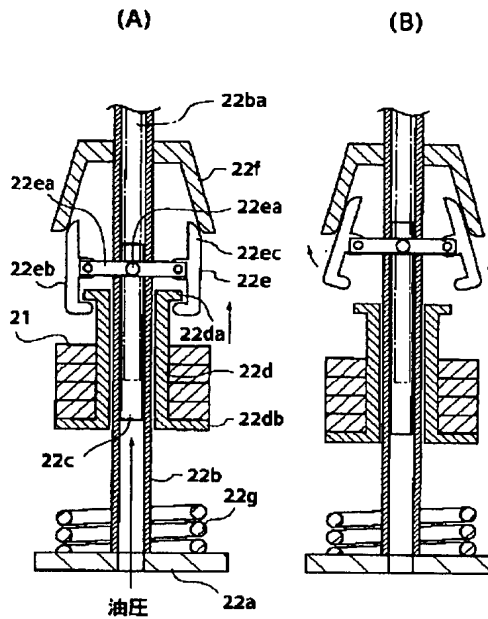
【図9】



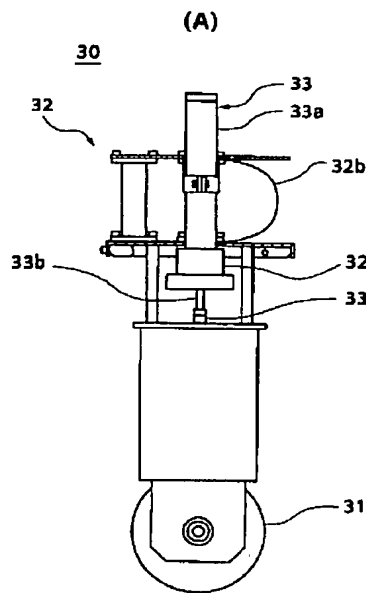
【図2】



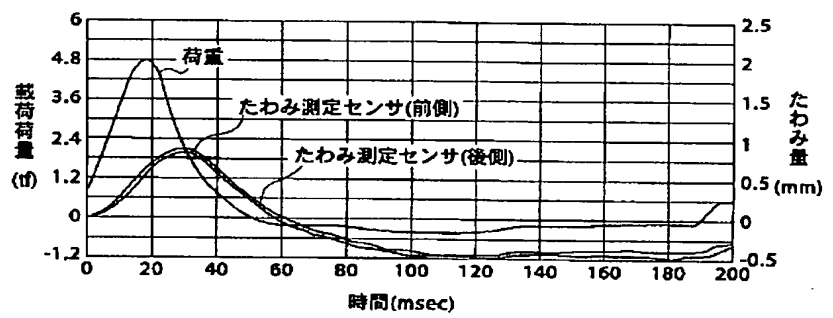
【図3】



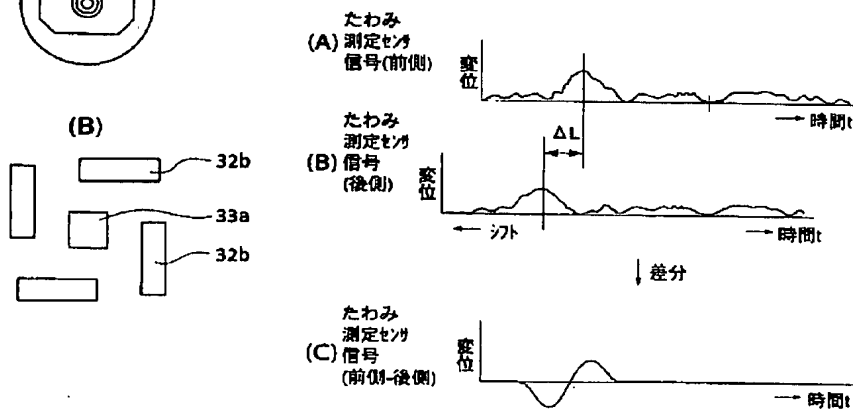
【図4】



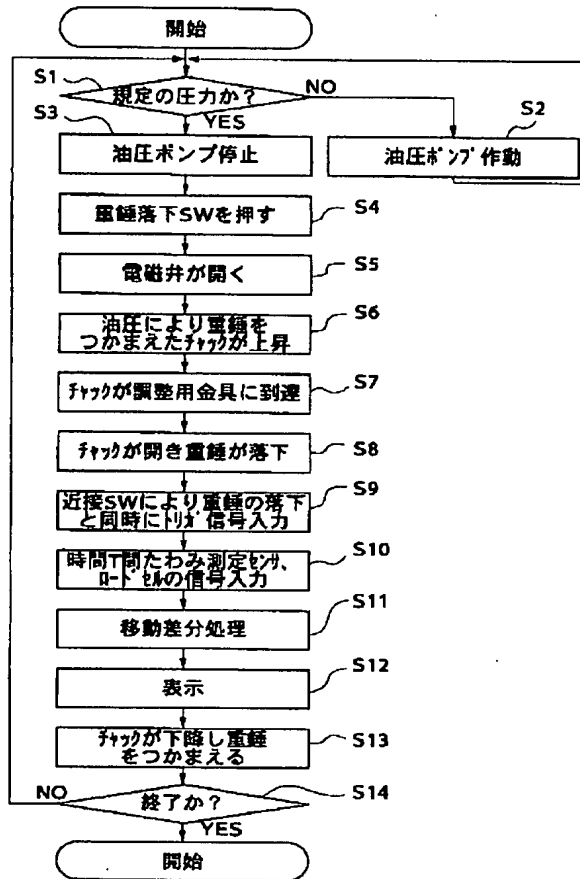
【図5】



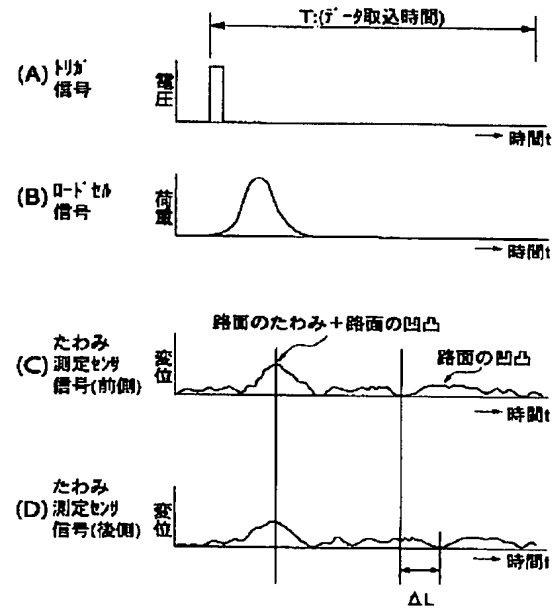
【図8】



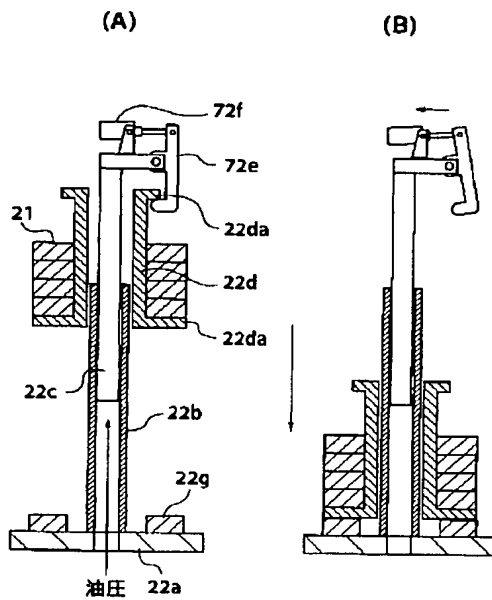
【図6】



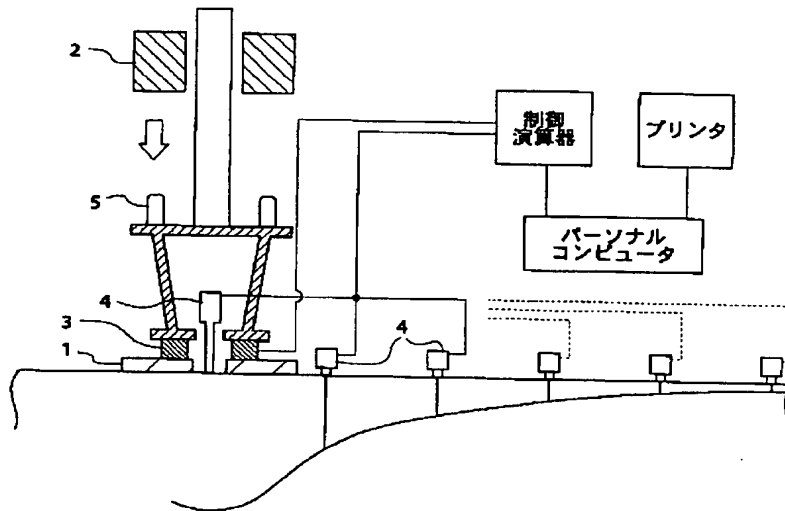
【図7】



【図10】



【図11】




---

フロントページの続き

(72)発明者 梶見 尚彦  
 神奈川県川崎市川崎区中瀬3-20-1 コ  
 マツエンジニアリング株式会社川崎事業所  
 内

(72)発明者 原 浩次  
 神奈川県川崎市川崎区中瀬3-20-1 コ  
 マツエンジニアリング株式会社川崎事業所  
 内

Fターム(参考) 2D053 AA35 AD01 FA01  
 2F069 AA06 BB24 GG01 GG56 GG59  
 HH02 HH11 LL06 MM04  
 2G061 AA13 AB04 BA15 BA16 CA20  
 DA12 EA01 EA02 EA10 EB02  
 EB05 EC02 EC04